



TITLE:

# 危機耐性に優れた橋梁の自重補償機構の提案と実構造への実装( Abstract\_要旨 )

AUTHOR(S):

西村, 隆義

---

CITATION:

西村, 隆義. 危機耐性に優れた橋梁の自重補償機構の提案と実構造への実装. 京都大学, 2017, 博士(工学)

ISSUE DATE:

2017-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k20348>

RIGHT:

許諾条件により本文は2018-01-01に公開

京都大学	博士（工学）	氏名	西村 隆義
論文題目	危機耐性に優れた橋梁の自重補償機構の提案と実構造への実装		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>近年、橋梁等の構造物設計の分野において、設計地震動を超える地震など、設計段階で想定していなかった事象においても破滅的な状況に陥らないような性質として定義される「危機耐性」の概念が提唱されている。本論文は、危機耐性を高める橋梁の具体的な構造形式として、新たに自重補償機構を提案するとともに、その解析と実験による実現性の実証、および設計方法についての研究成果を述べたものである。本論文は7章からなっている。</p> <p>第1章は序論であり、まず近年の耐震設計手法の課題に関して行われてきた議論の背景と、危機耐性の概念が提案された経緯および課題を説明している。次いで、危機耐性を考慮した橋梁の実現に向けての方法論として提案する自重補償機構の概念の概要、およびその実装のために検討が必要な課題を提示している。</p> <p>第2章では、まず鉄道構造物で広く用いられているラーメン高架橋を主要な対象として、橋梁構造物の破壊形態と損傷過程を柱の変位－復元力関係と柱の鉛直支持性能の2点に着目しながら論じている。設計地震動を超過する大きさの地震動が高架橋に作用した際に破滅的な状況に陥るメカニズムを、上部工の鉛直支持機能の喪失、上部工の一部沈下または傾斜、全ての柱の曲げ損傷の進展による崩壊メカニズムの形成、落橋の4つの形態に整理している。その上で、それらの破滅的な状況を回避する方策として、上部工とそれを支持する柱の上端の間に滑り支承等を配置して上部工と柱上端の水平変位を分離することで、柱に地震時の水平荷重を伝達せず損傷を最小限に留め、そうした地震に際しても鉛直荷重の支持機能を確保する柱である、自重補償柱と呼ぶ部材を配置する構造として自重補償機構のコンセプトを提案している。</p> <p>第3章では、自重補償機構を適用した橋梁を実現するための、具体的な設計方法に関する議論を展開している。自重補償機構は危機耐性を高める構造であるが、従来の設計手法である狭義の耐震設計を満足することは前提条件としている。自重補償機構をラーメン高架橋に適用する場合には、一部の通常柱を自重補償柱に置換する方式を採用すると地震時の水平復元力を生じる通常柱の断面が減少するため耐震性能が低下することが危惧されるが、このような場合でも設計地震動に対する耐震性能の要求を満たすための耐震設計上の方法論を検討している。これを踏まえ、自重補償柱、自重補償デバイス、および柱が支持する上部工を構成する上層梁の設計方法を提案している。さらに、落橋を防ぐ対策を議論する上で上部工の地震時の水平変位の重要性に着目し、設計地震動を超過する地震動が作用した場合の自重補償機構を適用した橋梁の水平変位に関する非線形動的応答特性を分析した上で、落橋に対する対策方法について論じている。</p> <p>第4章では、自重補償機構を適用したラーメン構造物の実験模型に対する交番載荷試験を実施し、自重補償機構を適用した構造物全体系と自重補償柱の挙動を実証的な検証を行っている。通常柱の損傷後に自重補償柱が想定する挙動により期待される機能を発揮することを示す結果とともに、実験により明らかとなった通常柱の損傷の進展に伴う</p>			

京都大学	博士（工 学）	氏名	西村 隆義
<p>上部工の鉛直変位と回転挙動および自重補償デバイスの挙動に関する知見を示している。</p> <p>第5章では、実験で得られた計測データに基づき、構造モデルの全体系としての挙動、履歴特性、自重補償柱が機能する挙動に関する数値シミュレーションを実施している。2次元骨組み要素解析を用いたシミュレーションにより構造物の水平荷重－変位関係の検討を行い、通常柱の損傷過程が解析的に説明可能であること、鉛直支持性能の低下が設計における終局点を超過した後に生じていることが解析的に表現されることを示している。また、3次元骨組み解析モデルによるシミュレーションでは、実験で得られた構造物全体系の履歴復元力特性は、一般的な履歴モデルにより十分に表現されており、また通常柱の鉛直支持性能低下挙動を表現するモデルを組み込んだ3次元骨組み解析によるシミュレーションを行い、実験で見られた極限状態における構造物および自重補償柱の挙動の予測が十分に可能であることを示している。</p> <p>第6章では、自重補償機構の実構造物への実装と設計に関する解析的な検証を行っている。建設地点での地盤条件や杭基礎による支持件を考慮して、自重補償機構を適用した1層5径間の実際のラーメン高架橋の設計を想定して、耐震性能の検討を行っている。その結果、自重補償機構を有する橋梁が現実的に設計可能であることを示している。</p> <p>第7章では、本研究において得られた成果を要約し、今後の研究課題の整理を行っている。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、危機耐性を高める橋梁の具体的な構造形式として、新たに自重補償機構を提案するとともに、その解析と実験的検討および設計方法についての研究成果を述べたものであり、主な成果は次のとおりである。

1. 設計地震動の大きさを超える地震の作用を受けた橋梁の破滅的な状況を回避するための方策として、上部工とそれを支持する柱の上端の間に滑り支承等を配置して上部工と柱上端の水平変位を分離することで、柱に地震時の水平荷重を伝達せず損傷を最小限に留め、そうした地震に際しても鉛直荷重の支持機能を確保する柱である「自重補償柱」と呼ぶ部材を配置する構造として、自重補償機構のコンセプトを新たに提案した。
2. 現在鉄道高架橋として広く用いられているラーメン高架橋に自重補償機構を適用する場合には、一部の通常柱を自重補償柱に置換する方式では耐震性能が低下し、耐震性能が不足する可能性が危惧されるのに対し、この場合でも設計地震動に対する耐震性能の要求を満たすための具体的な設計法を明らかにした。
3. 自重補償機構を適用したラーメン構造物の実験模型を用いた交番載荷試験を実施することで、提案した自重補償機構の挙動を実証的に明らかにした。
4. 耐震性能の検討に用いられる一般的な2次元骨組み解析および3次元骨組み解析に組み込むことが可能な、通常柱の鉛直支持性能低下挙動を表現するモデルを新たに提案している。これを用いた骨組み解析により、極限状態における自重補償構造を適用した構造物や自重補償柱の挙動の予測が十分に可能であることを示した。

危機耐性は、近年の耐震構造設計において大いに注目されるようになった概念であるが、それを考慮した実際の構造設計を行う方法論は確立に至っていないのが現状である。本論文は、そのための具体的な構造形式を提案した上で、その地震時の挙動を概念的のみならず定量的かつ実証的に示している上、実用的なラーメン高架橋の設計に適用するための実務的な計算方法を含めて実現に向けての方向性を示す成果を示しており、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成29年2月23日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。